

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-126991

(43)Date of publication of application : 09.05.2000

(51)Int.Cl.

B23Q 15/08
G05B 19/416
// B23Q 15/12

(21)Application number : 10-319922

(71)Applicant : HITACHI SEIKI CO LTD

(22)Date of filing : 24.10.1998

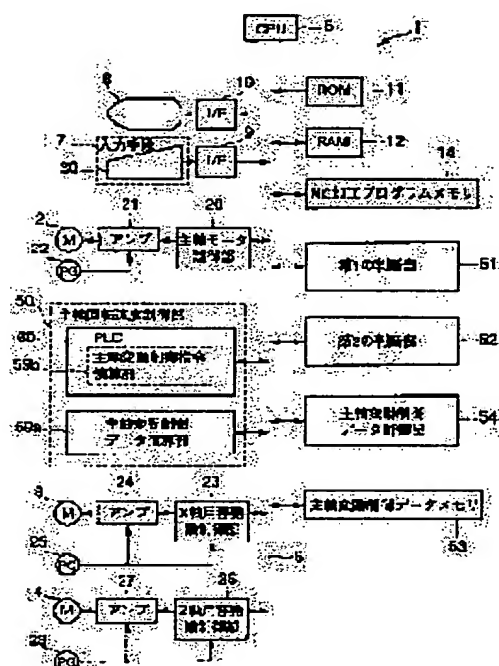
(72)Inventor : ASAISHI MASAMI
SEGAWA YASUNORI

(54) CONTROL SYSTEM FOR NC MACHINE TOOL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress machining-basis trembling via a simple operation.

SOLUTION: The control system for NC machine tools includes a spindle rotating speed control part 50 for setting a spindle to a preset rotating speed via a spindle motor 2, a first decision part 51 for determining the necessity for auxiliary function commands for spindle varying control to make valid or invalid the spindle rotating speed varying control of varying the spindle rotating speed within a prescribed range out of the preset rotating speed, and a second decision part 52 for determining the necessity for tool-by-tool commands to make valid or invalid the spindle rotating speed varying control for every tool. When at least either of the first and second decision parts 51 and 52 determines that the spindle rotating speed varying control be valid, the spindle rotating speed control part 50 effects this varying control.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 NC 工作機械の主軸を主軸用駆動体によって所定の回転速度に制御可能な主軸回転速度制御部と、
前記主軸の回転速度を、指令された回転速度に対して所定の変動幅で変動させる主軸回転速度変動制御を有効または無効とするための主軸変動制御用補助機能指令の有無を判断する第 1 の判断部と、
前記 NC 工作機械で使用する工具毎に前記主軸回転速度変動制御を有効指定または無効指定とする工具毎指令の有無を判断する第 2 の判断部とを備え、
前記第 1 の判断部および前記第 2 の判断部の少なくとも一方が、前記主軸回転速度変動制御が有効であると判断したとき、前記主軸回転速度制御部によって前記主軸の回転速度の変動制御を行うことを特徴とする NC 工作機械の制御装置。

【請求項 2】 前記主軸回転速度制御部は、前記第 1 の判断部および前記第 2 の判断部の両方が、前記主軸回転速度変動制御が有効であると判断したとき、前記第 1 の判断部の判断を優先する制御を行うものであることを特徴とする請求項 1 に記載の NC 工作機械の制御装置。

【請求項 3】 前記 NC 工作機械で使用する前記工具の工具番号に対応させて前記主軸回転速度変動制御が有効か否かを表示する主軸回転速度変動制御画面を表示可能な表示手段と、少なくとも前記工具毎指令の入力が可能な入力手段とを備え、
前記工具毎指令は前記主軸回転速度変動制御画面を表示している状態で入力可能なことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の NC 工作機械の制御装置。

【請求項 4】 前記主軸変動制御用補助機能指令は、前記主軸の回転速度の変動率を付加させることができるものであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかの項に記載の NC 工作機械の制御装置。

【請求項 5】 前記主軸回転速度変動制御画面を表示している状態で入力する前記工具毎指令には、前記主軸の回転速度の変動率を付加させることができるものであることを特徴とする請求項 3 に記載の NC 工作機械の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、NC（数値制御）工作機械を制御して、加工中に発生するびびり振動を抑制するための制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】NC 旋盤、マシニングセンタ（以下、MC と記載）など NC 工作機械は、コンピュータを内蔵した NC 装置により制御されている。NC 装置は、各種加工を行うための NC 加工プログラム（以下、NC プログラムと記載）を、NC 加工プログラムメモリに記憶している。加工作業を行う場合には、必要な NC プログラム

を NC 加工プログラムメモリから呼び出して、工作物と工具の相対位置等を制御することにより、工作物が加工される。

【0003】この加工中に、工作物や工具の剛性、工具の形状、切削加工条件などに影響されて、工具等が振動する「びびり振動」が発生する場合がある。たとえば、荒加工時に発生するびびり振動の多くは、多重再生効果による自励びびり振動（いわゆる、再生びびり）であるといわれている。この再生びびりは、初めのうちは微小な振動が、主軸の 1 回転の度に以前の切削面の軌跡の影響で次第に増幅、拡大され、切削不可能なほどの大きさになってしまうような振動である。

【0004】この再生びびり振動を抑制する対策として、主軸の回転速度を変動させる技術が、特開昭 49-105277 号公報等に既に提案されている。また、実公昭 61-3522 号公報には、補助機能コードで主軸の回転数（すなわち、回転速度）を変動させるか否かの指令を行い、工具毎に変動周期および変動幅を設定器で設定し、仕上げ加工時にびびり振動が生じた場合には、主軸を変速回転させて鏡面加工を行う汎用数値制御旋盤を用いた鏡面仕上げ装置に関する技術が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この実公昭 61-3522 号公報に記載の技術では、びびり振動の抑制のために各工具に対応して各種設定器を別途設ける必要がある。また、加工中にびびり振動が発生した場合には、加工状況に応じて主軸の回転速度の変動幅を調整したり、主軸回転速度の変動の有効・無効の切替え等を行う必要があり、そのための操作が面倒である。たとえば、びびり振動が発生すると、オペレータは、プログラムの実行を中断し、びびり振動が生じた NC プログラムの実行箇所を探し、NC プログラムの編集を行って必要な補助機能コードを挿入するという煩雑な操作を行う必要があった。また、この編集操作は NC 装置の操作に熟練したオペレータでないと行うことが困難であるので、あまり熟練していないオペレータでも簡単に操作できる方法が求められていた。

【0006】本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、加工中のびびり振動の抑制を簡単な操作で行うことができる NC 工作機械の制御装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するため、本発明にかかる NC 工作機械の制御装置は、NC 工作機械の主軸を主軸用駆動体によって所定の回転速度に制御可能な主軸回転速度制御部と、前記主軸の回転速度を、指令された回転速度に対して所定の変動幅で変動させる主軸回転速度変動制御を有効または無効とするための主軸変動制御用補助機能指令の有無を判断する第 1 の

判断部と、前記NC工作機械で使用する工具毎に前記主軸回転速度変動制御を有効指定または無効指定とする工具毎指令の有無を判断する第2の判断部と、前記第1の判断部および前記第2の判断部の少なくとも一方が、前記主軸回転速度変動制御が有効であると判断したとき、前記主軸回転速度制御部によって前記主軸の回転速度の変動制御を行う。

【0008】前記主軸回転速度制御部は、前記第1の判断部および前記第2の判断部の両方が、前記主軸回転速度変動制御が有効であると判断したとき、前記第1の判断部の判断を優先する制御を行うものであるのが好ましい。

【0009】なお、前記NC工作機械で使用する前記工具の工具番号に対応させて前記主軸回転速度変動制御が有効か否かを表示する主軸回転速度変動制御画面を表示可能な表示手段と、少なくとも前記工具毎指令の入力が可能な入力手段とを備え、前記工具毎指令は前記主軸回転速度変動制御画面を表示している状態で入力可能であるのが好ましい。

【0010】前記主軸変動制御用補助機能指令は、前記主軸の回転速度の変動率を付加させることができるものであるのが好ましい。前記主軸回転速度変動制御画面を表示している状態で入力する前記工具毎指令には、前記主軸の回転速度の変動率を付加させることができるのが好ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる実施の形態の一例を図1から図5を参照して説明する。図1は、本発明の一実施形態にかかるNC工作機械の制御装置（NC装置）のブロック図、図2は工具番号に対応して所定の主軸回転速度変動制御の有効・無効を付与した状態を示す表示画面の説明図、図3はNC加工プログラムの一部を示す説明図、図4は入力手段を示す正面図、図6は時間と主軸回転速度との関係を示すグラフである。図1から図4に示すように、NC装置（数値制御装置）1は、NC旋盤、MC（マシニングセンタ）、ターニングセンタ、研削盤などNC工作機械を制御して加工を行う。本実施形態では、NC旋盤で工作物を旋削加工する場合を例にとって説明するが、他のNC工作機械であってもよい。

【0012】NC装置1により制御されるNC旋盤は、主軸を直接にまたは歯車列など回転駆動力伝達手段を介して回転駆動する主軸用駆動体としての主軸モータ2と、Z軸およびX軸用の各サーボモータ4、3等とを有する。Z軸およびX軸用の各サーボモータ4、3は、NC旋盤で使用する工具が割出し可能にタレットに取付けられた刃物台を、主軸軸線と平行な方向であるZ方向およびこのZ軸方向と直交するX軸方向にそれぞれ移動させる。そして、主軸の先端に取付けられたチャックで把持されて回転する工作物に対して、刃物台の工具をZ軸

方向およびX軸方向にそれぞれ移動させることにより、工作物を旋削加工する。

【0013】NC装置1は、NC旋盤の主軸の回転速度を変動制御して旋削加工中のびり振動を抑制する機能を有している。NC装置1は、CPU（中央処理装置）5により統括制御されており、CPU5にはバスライン6が接続されている。オペレータがNC装置1を操作してデータや指令等を入力するための入力手段7と、文字、図形、表等を表示するための表示手段としてのディスプレイ8が、それぞれインターフェース9、10を介してバスライン6に接続されている。表示手段としては、たとえば、液晶ディスプレイ、ELパネル、ブラウン管（CRT）等が使用され、入力手段7にはキーボード30、タッチパネル等が使用される。

【0014】バスライン6には、NC旋盤の各移動部位を数値制御等するためのシステムプログラム等を記憶しているROM11と、パラメータなど各種データを一時的に記憶するとともに、各種プログラム、データがロードされるRAM12と、一つまたは複数のNCプログラム（NC加工プログラム）13を記憶しているNC加工プログラムメモリ14とが接続されている。CPU5は、RAM12にロードされたシステムプログラム、各種プログラムおよびデータに従って動作する。NC旋盤によって工作物の各種加工を行うためのNCプログラム13は、所望の仕上げ形状を得るための工具軌跡である移動・位置決めデータ、主軸の回転速度や送り速度等のデータ、切削油剤の使用の有無等の指令を組み合わせたプログラムになっている。

【0015】主軸モータ2は、バスライン6に接続された主軸モータ制御部20に、アンプ21を介して接続されており、主軸回転速度指令（S***）、主軸時計方向回転指令（M03）等に従って主軸を回転駆動する。主軸モータ2の回転速度（回転数）は、主軸モータ用の検出器22により常時検出され、検出器22からの出力信号はアンプ21にフィードバックされるので、主軸モータ2は指令された所定の回転速度になるように制御される。

【0016】X軸用サーボモータ3は、バスライン6に接続されたX軸用の移動軸制御部23にアンプ24を介して接続されており、移動指令に従って刃物台を主軸に対して相対的にX軸方向に移動・位置決め制御する。X軸用の検出器25から出力される速度データ、位置データは、フィードバック信号として移動軸制御部23とアンプ24にフィードバックされて、刃物台の相対移動のX軸方向の位置および移動速度が所定値になるように制御される。Z軸用サーボモータ4は、X軸用サーボモータ3と同様に、バスライン6に接続されたZ軸用の移動軸制御部26にアンプ27を介して接続されている。Z軸用サーボモータ4は、刃物台を主軸に対して相対的にZ軸方向に移動・位置決め制御する。Z軸用の検出器2

8から出力される速度データ、位置データは、移動軸制御部26とアンプ27にフィードバックされる。

【0017】入力手段7は、NC装置1のデータ、指令等の入力に使用されるものであり、入力手段7の上部にはディスプレイ8が配設されている。入力手段7は、多数のキーが配列されたキーボード30と、キーボード30の上部に配設されたファンクションキー部31とを有している。ファンクションキー部31には、機能を選択するための複数のファンクションキーF1～F9が配列されている。キーボード30には、カーソルキー32、ページキー33、表示画面（以下、画面と記載）34に

表示されるデータを入力する場合等に使用される入力キー35等が配列されている。

【0018】カーソルキー32は、ディスプレイ8に表示された画面34上のカーソル36を上下、左右方向に移動させるためのキーである。ページキー33は、補正データなどを複数のページにわたって表示する場合、そのページを正方向または逆方向にめくるためのキーである。さらに、キーボード30には、数字キー41、英字キー42などが配列されている。画面34内の下部には、ファンクション表示部43が表示されている。ファンクション表示部43に表示された機能に対応する位置にあるいずれかのファンクションキーをオン（押圧）すれば、その機能が実行され、また、必要に応じて画面34の表示が切り換わる。

【0019】ディスプレイ8は、図2に示すように、工具の工具番号Tに対応させて主軸回転速度変動制御（以下、主軸変動制御と記載）が有効か否かを表示する主軸回転速度変動制御画面（以下、主軸変動制御画面と記載）38を表示可能になっている。主軸変動制御画面38では、主軸回転速度変動制御一覧表（以下、主軸変動制御一覧表と記載）37が表示されている。ファンクションキーF8に対応するファンクション表示部43が「機能戻り」の表示になっている時にファンクションキーF8をオンすると、主軸変動制御画面38を表示する以前の機能の表示（たとえば、総合画面（図示せず））に戻る。

【0020】主軸変動制御画面38中の主軸変動制御一覧表37は、工具番号Tに対応して、その工具の種別、工具名、主軸変動制御の変動率を指定するための指令値Bなどのデータを表示している。主軸変動制御一覧表37の下部には、現在使用している工具の番号T1、指令されている回転速度（指令回転数 $[min^{-1}]$ S1）、実際の回転速度（実回転数 $[min^{-1}]$ S2）等がリアルタイムで表示されている。なお、画面34が総合画面の時に、指令回転数S1、実回転数S2は総合画面中に表示されている。画面34の下部にはキー入力表示エリア44が設けられており、このエリア44には、キーボード30から入力された英数字等が表示される。主軸変動制御一覧表37の工具を選択する場合には、カーソ

ルキー32およびページキー33などを操作して、カーソル36を所望の工具の番号のところに移動させる。

【0021】本実施形態では、加工中のびびり振動を抑制するために所定の変動率で主軸の回転速度を変動させる制御を、プログラムの指令で指定するプログラム指令と、指定工具による加工時に主軸の回転速度を変動させる工具毎指令の、いずれか一方または両方の指令で行えるようにしている。プログラム指令は、加工時にびびり振動が発生することが前もって分かっている工具の場合に、回転速度に対して所定の変動幅で変動させる主軸変動制御を行う指令をプログラムに挿入しておいて指令することになる。プログラム指令と工具毎指令の両方がある時にはプログラム指令が優先される。

【0022】プログラム指令の場合に、NCプログラム13に挿入される主軸変動制御用補助機能指令には、主軸変動制御を有効にする指令（たとえば、M285）と、主軸変動制御を無効にする指令（たとえば、M286）とがある。主軸変動制御用補助機能指令は、主軸の回転速度の変動率を付加させることができるようになっている。主軸変動制御有効指令の場合には、主軸の回転速度の変動率（すなわち、指令値Bに対応する値）の指令を行うことができる。なお、指令値Bの指令を行わない場合には、所定の変動率が自動設定される。この有効指令から主軸変動制御無効指令の間は、プログラム指令の指令値Bで主軸の変動制御が自動的に実行されて、主軸の回転速度が所定の変動率で変動する。

【0023】一方、びびり振動が予測できず、実際に加工を始めてみるとびびり振動が発生したような場合には、オペレータは、画面34を主軸変動制御画面38に切り換えて工具指定を行う。すなわち、NCプログラム13に主軸変動制御有効指令が挿入されていない場合でも、所望の工具に主軸変動制御を行えるように工具毎指定を指令することができる。この主軸変動制御画面38を表示している状態で入力する工具毎の指令でも、主軸の回転速度の変動率を設定して付加させることもできる。この工具毎指定を行うと、加工時には、指定された工具のTコードが実行され、主軸の回転指令が実行されたとき主軸の回転速度の変動制御が実行されて、主軸の回転速度が所定の変動率で変動する。

【0024】NC装置1は、主軸回転速度制御部50と第1、第2の判断部51、52とを備え、主軸回転速度制御部50は、主軸の回転速度を変動制御可能な主軸変動制御データ演算部59aと、PLC（プログラマブル・ロジックコントローラ）60内の主軸変動制御指令演算部59bとからなっている。主軸変動制御データ演算部59aとPLC60は、それぞれバスライン6に接続されている。主軸回転速度制御部50は、主軸を主軸モータ2によって所定の回転速度に制御することができるようになっている。主軸変動制御データ演算部59aは、主軸回転速度指令、変動率等から、主軸を変動制御

させるためのデータである一周波形分割数 n 、変動時間 dt 、変動回転速度 dn (図 6 参照) を演算し、そのデータを PLC60 の主軸変動制御指令演算部 59b に送出する。なお、図 6 に示すグラフの横軸は時間 t 、縦軸は主軸回転速度 N である。主軸変動制御指令演算部 59b は、前記データに従って主軸変動させるための主軸回転速度指令値を演算して主軸モータ制御部 20 に出力し、主軸モータ 2 を所定の変動率で変動させる主軸変動制御を行う。

【0025】第 1、第 2 の判断部 51、52 は、それぞれバスライン 6 に接続されている。第 1 の判断部 51 は、指令された回転速度に対して所定の変動幅で変動させる主軸変動制御を有効または無効にするための主軸変動制御用補助機能指令 (すなわち、NC プログラム 13 に挿入される主軸変動制御有効指令または主軸変動制御無効指令) の有無を判断する。第 2 の判断部 52 は、主軸変動制御画面 38 から入力手段 7 の操作で工具毎に設定された主軸変動制御の有効指定または無効指定を指令するための工具毎指令の有無を判断する。

【0026】第 1、第 2 の判断部 51、52 の少なくとも一方の判断部が、主軸変動制御を有効と判断した場合には、主軸回転速度制御部 50 により主軸の回転速度を変動制御して、加工中のびびり振動を抑制している。主軸回転速度制御部 50 は、第 1 の判断部 51 および第 2 の判断部 52 の両方が、主軸変動制御が有効であると判断したとき、第 1 の判断部 51 の判断を優先する制御を行っている。したがって、プログラム指令と工具毎指令の両方がある場合には、NC プログラム 13 に挿入された主軸変動制御用補助機能指令が優先するので、オペレータの指示どおりに主軸の回転速度を所定の変動率で変動制御することができる。すなわち、同一工具でも変動制御を行う加工箇所と、変動制御を行わない加工箇所の指令を行うことができる。

【0027】さらに、NC 装置 1 は主軸変動制御データ制御部 54 を備えている。この主軸変動制御データ制御部 54 は、工具の番号 T に対応した主軸変動制御データを一覧表形式で表示している主軸変動制御一覧表 37 を主軸変動制御画面 38 に表示させるとともに、主軸変動制御データを主軸変動制御データメモリ 53 に記憶する制御を行う。主軸変動制御データ制御部 54 および主軸変動制御データメモリ 53 は、それぞれバスライン 6 に接続されている。このように、加工中のびびり振動を抑制することができる NC 装置 1 は、主軸回転速度制御部 50、第 1、第 2 の判断部 51、52、主軸変動制御データ制御部 54 および主軸変動制御データメモリ 53 を備えている。

【0028】次に、工具指定の方法について説明する。カーソルキー 32 およびページキー 33 等を操作して、主軸変動制御一覧表 37 内でカーソル 36 を所望の工具番号 T の位置に移動させ工具の選択を行う。主軸変動制

御データ制御部 54 は、工具毎の有効指定または無効指定の選択の表示として、主軸変動制御一覧表 37 の工具番号 T の欄に表示された工具番号のうち、有効指定の工具の番号の近傍に、所定のマーク (たとえば、アスタリスク「*」) 58 を付与して表示している。すなわち、主軸変動制御一覧表 37 を表示した主軸変動制御画面 38 で、特定された工具番号のところにマーク 58 を表示することにより、この工具の主軸変動制御を有効指定としたことが確認できる。また、主軸変動制御データ制御部 54 は、主軸変動制御データメモリ 53 に有効指定の選択があった旨を、この工具番号に対応させて記憶させる。なお、有効指定を示すその他の表示方法としては、たとえば、有効指定された工具番号の色を変える方法、工具番号を示す数字、文字等の反転表示を行う方法等であってもよい。

【0029】マーク 58 を付与する場合には、所望の工具の番号のところにカーソル 36 を位置させた後、ファンクション表示部 43 の「設定」に対応する位置にあるファンクションキー F_1 をオンする。すると、所望の工具番号のところにマーク 58 が表示される。また、主軸変動制御データメモリ 53 に、設定されたことが記憶される。一方、所望の工具のマーク 58、指令値 B などデータを消去する場合には、ファンクション表示部 43 の「データ消去」の位置に対応するファンクションキー F_1 をオンすると、画面 34 上の主軸変動制御一覧表 37 のマーク 58 が消去される。また、主軸変動制御データメモリ 53 に、この工具が無効指定となった旨をこの工具番号に対応させて記憶させる。すなわち、工具番号に対応させた有効指定のデータを消去する。また、データ (所望の工具のマーク 58 と指令値 B など) は一括消去や個別消去ができるようにしてもよい。なお、この「設定」、「データ消去」の操作を有効とするか否かを確認させる操作を行うと、操作ミスをする恐れがなくなる。

【0030】工具毎指定で主軸の回転速度の変動率を指定するためには、たとえば、主軸変動制御画面 38 上でカーソル 36 を主軸変動制御一覧表 37 の所望の工具の番号 T における指令値 B の位置に移動させた後、キーボード 30 で数値を入力する。この数値も、主軸変動制御データメモリ 53 の工具番号に対応した所定の記憶領域に記憶される。これにより、所望の変動率を設定することができる。指令値 B に対応する変動率の一例を下記に示す。

(指令値 B)	(変動率)
50.0	→ ±7.5%
100.0	→ ±15%
110.0	→ ±16.5%
200.0	→ ±30%

【0031】また、主軸変動制御有効指令で主軸の回転速度の変動率を指定する場合には、変動率指定値を主軸変動制御有効指令に続けてプログラムすればよい。たと

例えば、「M285 A100.0;」とプログラムすれば、変動率が±15%で主軸変動制御を有効指令したことになる。主軸変動制御有効指令等は、この指令が実行されたときに、主軸変動制御データメモリ53に変動率が記憶される。なお、変動率の指令値Bが指定されていない場合には、指令値Bを「100.0」に自動設定する。さらに、この実施形態では、指令値を計算して変動率を求めているが、変動率の数値を直接指定してもよい。たとえば、指令値Bの値15.0が変動率±15%となるようにしてもよい。

【0032】たとえば、工具番号4の工具に関して指令値Bを100.0に設定し、この工具の所定の回転速度（指令回転数S1）が800min⁻¹の場合には、この工具で加工する時に、主軸の回転速度を、800min⁻¹に対して±15%の変動率すなわち680～920min⁻¹の範囲で変動させることになる。図2に示す例では、工具番号3, 6の工具についてはNCプログラムに主軸変動制御有効指令を挿入して行っている。すなわち、工具番号3の工具で加工を行うNCプログラムには、「M285 A110.0;」の指令が挿入され、工具番号6の工具で加工を行うNCプログラムには、「M285 A100.0;」の指令が挿入されている。また、工具番号4, 9の工具は、工具毎指定で主軸変動制御を指令された工具である。

【0033】次に、主軸の回転速度を変動制御する手順について、図5のフローチャートを参照して説明する。図1から図5に示すように、工作物を工具で加工する場合には、NC加工プログラムメモリ14に記憶されているNCプログラム13を1ブロック読み取る（ステップ101）。読み取ったブロックがTコード（たとえば、NC旋盤の場合には刃物台割出し指令など）か否かが第2の判断部52で判断される（ステップ102）。Tコードの場合には、工具毎指定（マーク「*」58で表示）が付与された指定工具か否かが判断される（ステップ103）。

【0034】指定工具の場合には、主軸の回転速度を変動制御する主軸変動制御モードを有効に設定し（ステップ104）、刃物台割出し指令が実行されたのち（ステップ105）、ステップ101に戻って次のブロックを読み取る。指定工具でない場合には、ステップ105に移行し刃物台割出しを実行した後、ステップ101に戻る。ステップ102でTコードでない場合には、第1の判断部51は、読み取ったブロックに主軸変動制御有効指令（すなわち、M285）があるか否かを判断する（ステップ106）。有効指令がある場合には、主軸変動制御モードを有効に設定した後（ステップ107）、ステップ101に戻って次のブロックを読み取る。ステップ106で有効指令がない場合には、第1の判断部51は、読み取ったブロックに主軸変動制御無効指令（すなわち、M286）があるか否かを判断する（ステップ

108）。無効指令がある場合には、主軸変動制御モードを無効に設定した後（ステップ109）、ステップ101に戻って次のブロックを読み取る。

【0035】ステップ108で無効指令（M286）がない場合には、主軸回転指令（たとえば、M03, M04）の有無が判断され（ステップ110）、主軸回転指令である場合には、ねじ切り加工の指令か否かが判断される（ステップ111）。ねじ切り加工の場合に、主軸変動制御で加工するのは不適切であるからである。ねじ切り加工でない場合には、主軸変動制御モードが有効に設定されているか否かが判断される（ステップ112）。主軸変動制御モードが有効に設定されている場合には、NC加工プログラムメモリ14から主軸変動制御データ演算のプログラムデータを読み出す（ステップ113）。主軸回転速度制御部50がこの主軸変動制御データ演算プログラムを主軸変動制御データ演算部59aで実行することにより、図6に示すような一周波形分割数n, 変動時間dt, 変動回転速度dnを求める。そして、PLC60にこのデータn, dt, dnを出力する。PLC60は、主軸変動制御指令演算部59bで変速時間毎の主軸回転速度指令値を計算し、この主軸回転速度指令値を主軸モータ制御部20に指令する。この指令により、主軸モータ制御部20が主軸モータ2の回転速度を変動制御する主軸変動制御が実行される。これにより、主軸は、指令値Bで指定された変動率で回転速度を変動させながら回転する（ステップ114）。

【0036】ねじ切り加工の場合と（ステップ111）、主軸変動制御モードが有効に設定されていない場合には（ステップ112）、主軸回転速度指令に従って主軸は通常の所定回転速度の回転が実行される。これにより、主軸は一定の回転速度で回転する（ステップ115）。ステップ110で主軸回転指令でない場合には、プログラムエンドの指令（すなわち、M30, M02等）であるか否かが判断される（ステップ116）。このプログラムエンド指令である場合には処理を終了し、プログラムエンド指令でない場合には、読み取ったブロックの指令を実行してステップ101に戻る（ステップ117）。すなわち、工作物を工具で旋削するための軸移動指令であれば移動を行う。ステップ114, 115が終了した後も、同様にステップ101に戻って次のブロックを読み取る処理が続行される。

【0037】なお、この主軸変動制御は、周速一定制御状態および周速一定解除状態のどちらでも有効とすることができる。図3のNCプログラム13に従ってさらに説明を行う。図3(a)に示すように、「T0300」を読み取ると、ステップ102, 103の処理によって、工具番号3の工具が工具毎指定されていないことが判断されるので、ステップ117の読取りブロックの実行で、工具番号3の工具を加工位置に割出す（図3中の手順200）。「M285 A110.0」を読み取る

と(図3中の201)、ステップ106、107の処理によって主軸変動制御を±16.5%の変動率として有効状態とする。「S1000 M03」を読み取ると、ステップ110、112、113、114の処理により、主軸を $835 \sim 1165 \text{ min}^{-1}$ ($1000 \text{ min}^{-1} \pm 16.5\%$)の幅で変動回転させる(図3中の202)。

【0038】「G01…」を読み取ると、切削送りによる移動指令であるのでステップ117の処理で切削送りにより移動し、主軸変動制御による加工が行われる(図3中の203)。「M286」を読み取ると、主軸変動制御を無効状態とする(図3中の204)。「T0400」を読み取ると、工具毎指定された工具であることがステップ102、103の処理によって判断されるので、主軸変動制御を±15%の変動率として有効状態とする(図3中の210)。「S1500…」を読み取ると、 $1350 \sim 1650 \text{ min}^{-1}$ ($1500 \text{ min}^{-1} \pm 10\%$)の幅で変動回転させる(図3中の211)。

【0039】「G01…」を読み取ると切削送り速度で軸移動させて、主軸変動制御による加工が行われる(図3中の212)。「T0500」を読み取ると、工具毎指定された工具でないことが判断される(図3中の220)。「G01…」を読み取ると、主軸変動制御モードになっていないため、主軸回転速度指令で指令された回転速度で一定回転している状態で軸移動し、旋削加工が行われる(図3中の221)。「T0600」を読み取った場合も、「T0300」を読み取った場合の200から204までの手順と同様にして、±15%の変動率として制御される。

【0040】また、図3(b)に示すように、「T0900」を読み取ると、工具毎指定された工具であることが判断されるので、主軸変動制御有効状態とし(図3中の240)、「G01…」で主軸変動制御による加工が行われる(図3中の241)。「M286」を読み取ると、主軸変動制御無効指令であるとともにプログラム指令を優先することになっているため、主軸変動制御を無効状態とする(図3中の242)。「G01…」で主軸変動制御を無効にした一定回転している状態で加工が行われる(図3中の243)。

【0041】主軸を一定の回転速度で回転して加工している時にびびり振動が発生した場合には、そのまま加工し続けることはできないので、オペレータはNCプログラムを一旦休止する。ディスプレイ8の画面34で主軸変動制御画面38を選択すると、この選択により、ディスプレイ8は図2に示す主軸変動制御画面38を表示する。そして、キーボード30を操作して、びびり振動が発生した工具の番号のところにマーク58を付与するとともに、所望の変動率になるような指令値Bの数値をキーボード30から入力する。これにより、びびり振動が発生した工具に関して、主軸変動制御を有効にするため

の工具毎指定を入力することができる。その後、NCプログラムをプログラム休止したブロックから再開すると、図5に示す手順に従って、この工具での旋削加工の時には、主軸変動制御が実行されてびびり振動が抑制される。

【0042】このように、本発明によれば、びびり振動の発生が前もって分かっている工具の場合には、NCプログラムに主軸変動制御有効指令を挿入して、主軸の回転速度の変動制御を行うことができる。また、びびり振動の発生を予測していなかったが実際に加工してみるとびびり振動が発生した工具の場合には、オペレータが工具毎指定を簡単な操作で短時間のうちに行うことができる。したがって、従来必要としていた各種設定器などを設けなくとも、実際の加工状況に応じて臨機応変にびびり振動を抑制することができ、使い勝手も良好である。また、工具毎指定の操作が簡単であるので、熟練したオペレータでなくとも操作することができる。すなわち、オペレータがNCプログラムの各指令を読めなくても操作することができる。さらに、この加工の結果をフィードバックして、熟練したオペレータがNCプログラムに主軸変動制御有効指令および無効指令を挿入すれば、工作物とNCプログラムとの対応がとれる。

【0043】図2に示す主軸変動制御画面38を表示すれば、オペレータは、マーク58の有無、指令値Bの数値により、プログラム指令および工具毎指定に関する内容を容易に確認することができる。なお、総合画面中にも工具番号T、指令回転数S1、実回転数S2が表示されているので、総合画面の表示中も、オペレータは、主軸変動制御が現在実行されているか否かを容易に確認することができる。

【0044】この実施形態では、NC装置1側で、一周期波形分割数n、変動時間dt、変動回転速度dnを計算してPLC60に出力し、PLC60側で変動する主軸回転速度指令値を作成して、主軸モータ制御部20を制御している説明を行っているが、NC装置側で主軸変動制御に必要なデータの計算と、変動主軸回転速度指令の作成を行い、主軸モータ制御部を制御してもよい。なお、各図中同一符号は同一または相当部分を示す。

【0045】

【発明の効果】本発明は上述のように構成したので、加工中のびびり振動抑制のための機器を設けなくとも、簡単な操作でびびり振動を抑制することができる。また、NCプログラムの命令を読むことができない非熟練のオペレータでも、主軸回転速度変動制御機能を容易に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1から図5は本発明の一実施形態を示す図で、図1はNC工作機械の制御装置(NC装置)のブロック図である。

【図2】表示画面の説明図である。

【図 3】 NC加工プログラムの一部を示す説明図である。

【図 4】 入力手段を示す正面図である。

【図 5】 主軸の回転速度を変動制御する手順を示すフローチャートである。

【図 6】 時間と主軸回転速度との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 NC装置 (NC工作機械の制御装置)
2 主軸モータ (主軸用駆動体)
7 入力手段

8 ディスプレイ (表示手段)

38 主軸回転速度変動制御画面

50 主軸回転速度制御部

51 第1の判断部

52 第2の判断部

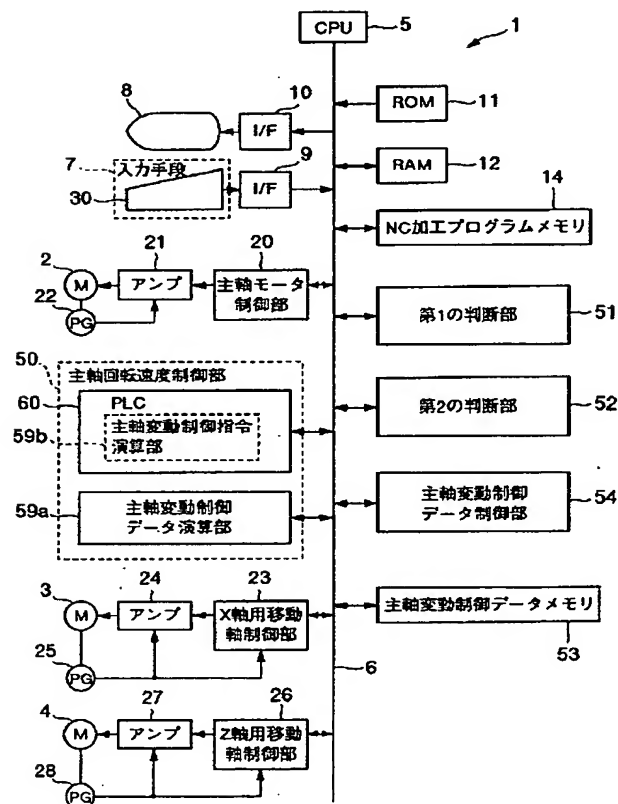
T 工具番号

M285 主軸変動制御有効指令 (主軸変動制御用補助機能指令)

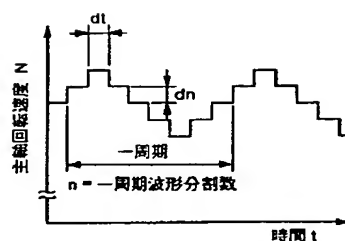
M286 主軸変動制御無効指令 (主軸変動制御用補助機能指令)

10 助機能指令

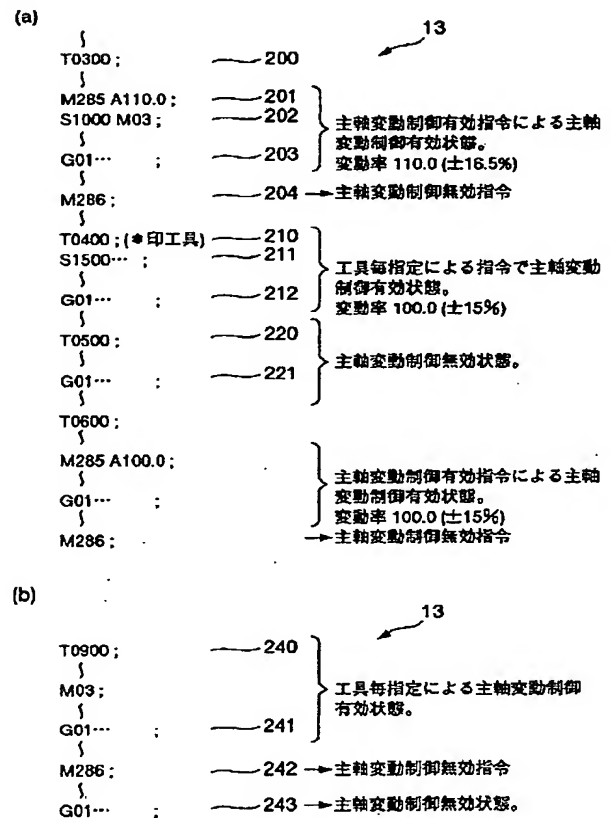
【図 1】



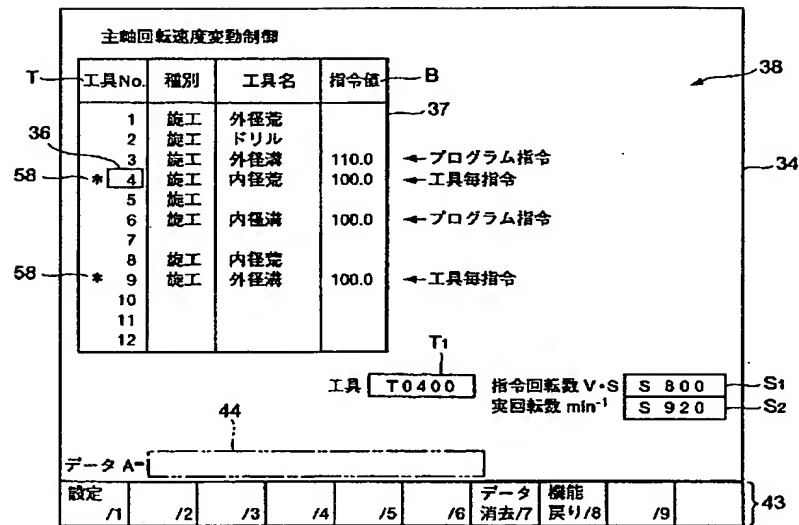
【図 6】



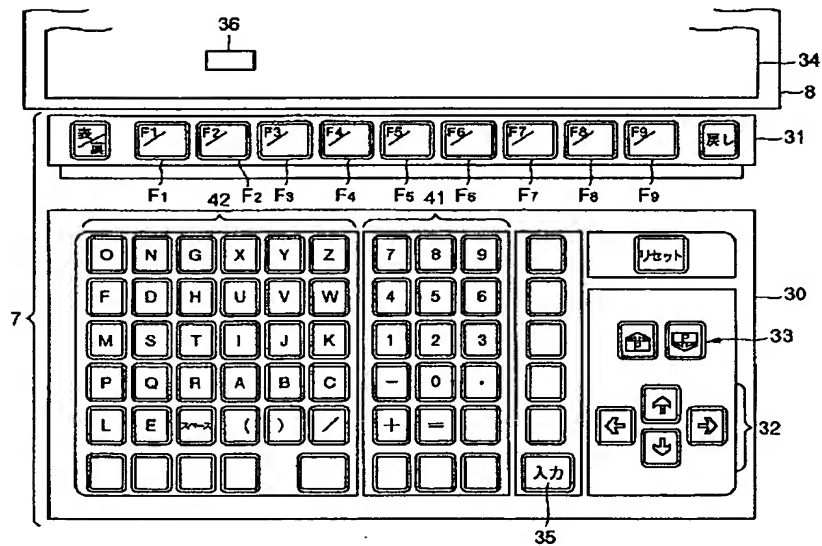
【図 3】



【図 2】



【図 4】



【図 5】

